

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 681 186

(21) N° d'enregistrement national :

91 11206

(51) Int Cl⁵ : H 01 J 27/18; H 05 H 13/00

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 11.09.91.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE Etablissement de Caractère Scientifique,
Technique et Industriel — FR.

(72) Inventeur(s) : Jacquot Bernard.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : 12.03.93 Bulletin 93/10.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

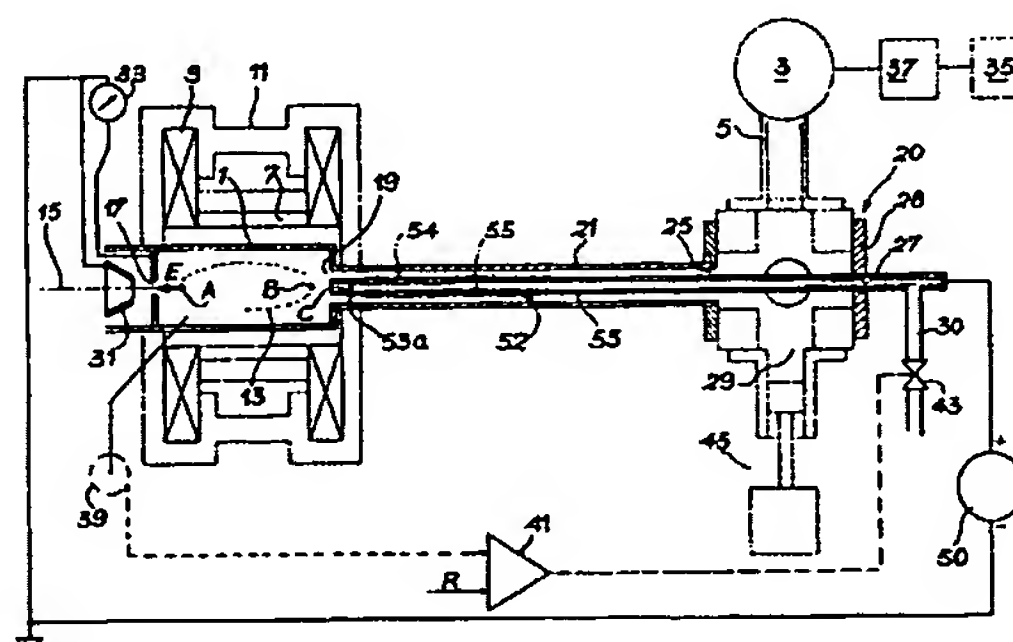
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Brevatome.

(54) Source d'ions à résonance cyclotronique électronique et à injection coaxiale d'ondes électromagnétiques.

(57) L'invention concerne une source d'ions RCE comprenant une enceinte (1) contenant un plasma d'ions et d'électrons et une structure magnétique (11) qui entoure l'enceinte et y crée deux champs magnétiques radial et axial assurant un confinement dans l'enceinte. Une cavité (20) de transition est reliée à l'enceinte par l'intermédiaire d'une première et d'une seconde canalisations (21, 52) qui assurent la transmission desdites ondes vers l'enceinte: la première canalisation est conductrice et la seconde canalisation, disposée au centre de la première, est en partie conductrice et permet l'introduction d'un gaz préionisé dans l'enceinte. L'enceinte et la seconde canalisation sont reliées à deux sources d'alimentation électrique de même polarité.

L'invention a des applications dans le domaine des accélérateurs de particules.



FR 2 681 186 - A1



SOURCE D'IONS A RESONANCE CYCLOTRONIQUE ELECTRONIQUE
ET A INJECTION COAXIALE D'ONDES ELECTROMAGNETIQUES

DESCRIPTION

La présente invention concerne une amélioration d'une source d'ions à résonance cyclotronique électronique (RCE) permettant, notamment, la production d'ions multichargés.

5 Elle trouve de nombreuses applications en fonction des différentes valeurs de l'énergie cinétique des ions produits, dans le domaine de l'implantation ionique, de la microgravure, et plus particulièrement dans l'équipement des accélérateurs
10 de particules utilisés aussi bien dans le domaine scientifique que médical.

Dans les sources d'ions à résonance cyclotronique électronique, les ions sont obtenus par ionisation, dans une enceinte fermée, telle qu'une
15 cavité hyperfréquence, d'un milieu gazeux constitué d'un ou plusieurs gaz ou de vapeurs métalliques, au moyen d'électrons fortement accélérés par résonance cyclotronique électronique. Cette résonance est obtenue grâce à l'action conjuguée d'un champ électromagnétique
20 haute fréquence (HF) injecté dans l'enceinte, contenant le gaz à ioniser, et d'un champ magnétique, régnant dans cette même enceinte, dont l'amplitude B satisfait à la condition de résonance cyclotronique électronique suivante $B = F \cdot 2 \pi m / e$, dans laquelle e représente
25 la charge de l'électron, m sa masse et F la fréquence du champ électromagnétique.

Dans ces sources, la quantité d'ions pouvant être produite résulte de la compétition entre deux processus : d'une part la formation des ions par

impact électronique sur des atomes neutres constituant le gaz à ioniser et, d'autre part, la destruction de ces mêmes ions par recombinaison, simple ou multiple, lors d'une collision de ces derniers avec
5 un atome neutre ; cet atome neutre peut provenir du gaz non encore ionisé ou bien être produit sur les parois de l'enceinte par impact d'un ion sur lesdites parois.

Cet inconvénient est évité en confinant,
10 dans l'enceinte constituant la source, les ions formés, ainsi que les électrons servant à leur ionisation. Ceci est réalisé en créant à l'intérieur de l'enceinte des champs magnétiques radial et axial, définissant une surface dite "équimagnétique", n'ayant aucun
15 contact avec les parois de l'enceinte et sur laquelle la condition de résonance cyclotronique électronique est satisfaite. Cette surface a la forme d'un ballon de rugby. Plus cette surface équimagnétique est proche des parois de l'enceinte, plus son efficacité est
20 grande car elle permet de limiter le volume de présence des atomes neutres et donc la quantité de collisions ions-atomes neutres. Cette surface permet aussi de confiner les ions et les électrons produits par ionisation du gaz. Grâce à ce confinement, les
25 électrons créés ont le temps de bombarder plusieurs fois un même ion et de l'ioniser totalement.

Une telle source d'ions a été décrite dans le document déposé le 13 mars 1986, au nom du demandeur et publié sous le numéro FR-A-2 595 868.

30 Sur la figure 1, on a représenté schématiquement une source d'ions, selon l'art antérieur. Cette source comprend une enceinte 1 constituant une cavité résonante pouvant être excitée

par un champ électromagnétique haute fréquence (HF).
Ce champ électromagnétique est produit par un
générateur 3 d'ondes électromagnétiques ; il est
introduit à l'intérieur de l'enceinte 1 par
5 l'intermédiaire d'un guide d'ondes 5 et d'une cavité
de transition 20.

Cette source comprend également une structure
magnétique (7, 9, 11) blindée extérieurement, dont
le blindage 11 permet de ne magnétiser que le volume
10 utile à la résonance cyclotronique électronique dans
l'enceinte 1.

Cette structure magnétique comprend, outre
le blindage 11, des aimants permanents 7 et des
solénoïdes 9, disposés autour de l'enceinte 1 et
15 créant respectivement un champ magnétique radial
et un champ magnétique axial. Ces deux champs
magnétiques se superposent et se répartissent dans
toute l'enceinte ; ils forment ainsi un champ
magnétique résultant qui définit la surface
20 équimagnétique résonante 13 à l'intérieur de l'enceinte
1.

Un axe magnétique 15, qui est également
l'axe longitudinal de la source, traverse le blindage
11 par deux ouvertures 17 et 19, aménagées dans ledit
25 blindage 11 pour permettre respectivement l'extraction
des ions de l'enceinte 1, ainsi que l'introduction
d'ondes électromagnétiques et d'échantillons gazeux
ou solides.

Une première et une seconde canalisations
30 21 et 23 relie l'ouverture 19 du blindage 11 à
des ouvertures respectives 25 et 27 de la cavité
de transition 20, ces ouvertures étant situées sur
les faces latérales de la cavité 20 qui a la forme
d'un cube.

Le rapport des diamètres de ces deux canalisations 21, 23 est tel qu'il est possible d'assimiler ces dernières à une ligne coaxiale d'impédance caractéristique de l'ordre de 85 Ohms.

5 Une telle ligne coaxiale propage préférentiellement un mode électromagnétique Transverse Electro-Magnétique (TEM) dans lequel le champ électromagnétique E est transverse à la direction de propagation des ondes et perpendiculaire à la surface des conducteurs,
10 c'est-à-dire des canalisations 21, 23.

— Pour ioniser un gaz, on introduit ledit gaz dans l'enceinte 1 par l'intermédiaire d'une canalisation 30 de gaz reliée à l'ouverture 27 de la cavité de transition 20. Le gaz et les ondes
15 électromagnétiques introduits dans la cavité 20 sont transmis à l'enceinte 1 par les première et seconde canalisations 21 et 23, dont le rôle est de permettre de transmettre lesdites ondes vers ladite enceinte et de les y injecter suivant l'axe longitudinal 15.

20 Il est possible, également, de créer des ions à partir d'un échantillon solide introduit sous forme d'une tige dans la canalisation 23. Cependant, dans toute la description qui va suivre, il sera pris, comme exemple, l'ionisation d'un gaz.

25 Dans l'enceinte 1, l'association du champ magnétique axial et du champ électromagnétique permet d'ioniser fortement le gaz introduit. Les électrons produits sont alors fortement accélérés par résonance cyclotronique électronique, ce qui conduit à la
30 formation d'un plasma d'électrons chauds confinés dans le volume limité par la surface équimagnétique 13.

Les ions alors formés dans l'enceinte 1 sont extraits de celle-ci par un champ électrique d'extraction généré par une différence de potentiel appliquée entre une électrode 31 et l'enceinte 1. 5 L'électrode 31 et l'enceinte 1 sont toutes deux reliées à une source 33 d'alimentation électrique, l'électrode 31 étant positionnée à l'extérieur de l'ouverture 17 de l'enceinte 1.

Pour contrôler l'intensité du courant d'ions, 10 il est possible de contrôler la puissance moyenne du champ électromagnétique—en agissant—sur un générateur d'impulsions 35, lui-même situé en amont d'une source d'alimentation 37 reliée au générateur d'ondes électromagnétiques. Ledit générateur 15 d'impulsions 35 commande ladite source d'alimentation 37 en ajustant le cycle utile, à savoir le rapport entre la durée d'une impulsion et la période des impulsions.

De plus, des moyens 39 de mesure de pression 20 totale sont reliés à une entrée d'un comparateur 41, dont la sortie est elle-même reliée à une vanne 43 de la canalisation 30 de gaz. Sur une seconde entrée du comparateur 41, une tension de référence R est appliquée et comparée à la valeur mesurée du 25 courant d'ions pour donner, en sortie du comparateur, la valeur à transmettre à la vanne 43. Cette vanne 43 permet d'agir sur la quantité de gaz à introduire dans l'enceinte 1, de façon à réguler automatiquement le courant d'ions.

30 De plus, un piston 45 d'adaptation, relié à une troisième ouverture latérale 29 de la cavité 20, permet de régler le volume interne de ladite cavité 20. Le réglage dudit piston 45 est utilisé

pour accorder l'ensemble des volumes internes de la cavité 20 sur la fréquence des ondes électromagnétiques afin d'obtenir un minimum d'ondes réfléchies, c'est-à-dire d'ondes qui retournent au
5 générateur d'ondes 3. Lorsque ces volumes internes sont accordés sur la fréquence des ondes électromagnétiques, les ondes injectées dans la cavité 20 par le générateur 3 sont presque totalement transmises, par les canalisations 21 et 23, à
10 l'enceinte 1 contenant le plasma, puis absorbées par la surface équimagnétique 13.

Dans cette source d'ions de l'art antérieur, la seconde canalisation 23 est transparente aux ondes électromagnétiques à son extrémité 23a, extrémité
15 voisine de l'ouverture 19 de l'enceinte 1 située en regard du blindage 11.

Dans le volume intérieur de cette partie transparente 23a, règne un champ magnétique axial provenant des solénoïdes, un champ électromagnétique
20 et une pression de gaz élevée. Le champ électromagnétique provient des ondes électromagnétiques transmises entre la première canalisation 21 et une partie non transparente 23b de la seconde canalisation 23, et qui traversent la partie transparente 23a
25 de la seconde canalisation 23. De ce fait, une résonance cyclotronique électronique peut avoir lieu à l'intérieur de l'extrémité 23a de la seconde canalisation 23 dans un volume où règne une forte pression de gaz.

30 Cette extrémité transparente aux ondes électromagnétiques constitue donc un étage de pré-ionisation auto-régulé, où l'excédent de puissance incidente des ondes électromagnétiques est transmis

sans réflexion jusqu'à la zone de résonance cyclotronique électronique constituée par la surface équimagnétique 13.

En effet, plus le plasma produit par résonance cyclotronique électronique (ou plasma préionisé) est dense à l'intérieur de l'extrémité 23a de la canalisation, plus la transmission des ondes électromagnétiques est bonne, ce plasma préionisé devenant lui-même conducteur. De façon plus précise, le plasma préionisé se porte à un potentiel qui lui est imposé par la présence immédiate de la partie 23b conductrice de la canalisation 23, elle-même soumise, par l'intermédiaire de la canalisation 21 et de l'enceinte 1, à la tension de la source d'alimentation 33.

Le plasma confiné dans la surface équimagnétique 13 se porte naturellement à un potentiel positif par rapport à l'enceinte 1. En effet, les électrons de ce plasma confiné sont chauffés par la résonance cyclotronique des électrons et certains de ces électrons, trop énergétiques, s'échappent du confinement. Ils vont alors frapper l'enceinte 1 qui, sous cet effet, se charge négativement. Le plasma confiné a donc une polarité plus positive que celle de l'enceinte 1.

Aussi, la différence de potentiel créée entre l'enceinte 1 et le plasma confiné est à l'origine d'un champ électrique E. Ce champ E permet notamment le transfert des ions confinés vers l'ouverture 17 de l'enceinte 1.

Cependant, le plasma de préionisation qui s'étend jusqu'à la surface équimagnétique 13 est en contact avec le plasma confiné. Or, ledit plasma

de préionisation est conducteur et porté au même potentiel que l'enceinte 1. Le champ électrique E est alors perturbé, ce qui affecte les capacités de la source d'ions.

5 Eloigner la partie conductrice 23b de la seconde canalisation, en augmentant la partie transparente 23a permettrait effectivement d'isoler le plasma de préionisation du plasma confiné. Cependant, dans un tel dispositif, la transmission
10 de l'onde électromagnétique issue du générateur 3 n'est pas assurée car ladite partie transparente 23a n'est pas conductrice ; or, l'onde nécessite deux conducteurs coaxiaux, formant une ligne de transmission coaxiale, pour être transmise.

15 La présente invention permet justement d'optimiser ce champ électrique E en isolant le plasma de préionisation par rapport au plasma confiné tout en assurant la transmission de l'onde
20 électromagnétique. Elle propose, en effet, un système d'injection centrale du plasma de préionisation alimenté électriquement par une source de tension.

De façon plus précise, la présente invention concerne une source d'ions RCE (à résonance cyclotronique électronique) comprenant :

- 25 - une enceinte contenant un plasma d'ions et d'électrons formés par résonance cyclotronique électronique ;
- une structure magnétique entourant l'enceinte et créant, à l'intérieur de celle-ci, deux champs
30 magnétiques respectivement radial et axial assurant un confinement dans l'enceinte ;
- un système d'extraction des ions de l'enceinte connecté à une source d'alimentation électrique ;

- une cavité de transition reliée à un générateur d'ondes électromagnétiques ;
- une première canalisation, conductrice, reliant de façon étanche au vide l'enceinte et la cavité ;
5 et
- une seconde canalisation, au moins en partie conductrice, traversant axialement la première canalisation ainsi que la cavité et débouchant dans l'enceinte.

10 Cette source se caractérise par le fait que la première et la seconde sources d'alimentation électrique sont identiques et de même polarité que la première source d'alimentation électrique.

Avantageusement, la seconde canalisation
15 comprend :

- un tube transparent aux ondes électromagnétiques réalisé en un matériau diélectrique ;
- un tube conducteur de faible épaisseur, recouvrant en partie le tube transparent ;
- 20 - un tube de métal réfractaire, de faible épaisseur, disposé contre une partie de la face interne du tube transparent.

Selon l'invention, le tube conducteur recouvre le tube transparent depuis sa partie traversant la cavité jusqu'à une distance critique
25 $L = C/F$ du point de résonance C .

De même, le tube en métal réfractaire recouvre la partie de la face interne du tube transparent depuis sa partie traversant la cavité jusqu'à une distance critique $L = C/F$ du point de
30 résonance C .

Selon un mode de réalisation de l'invention, le tube transparent est en quartz, le tube conducteur en cuivre, et le tube en métal réfractaire est réalisé par une feuille de tantale.

5 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui va suivre. Cette description est donnée à titre illustratif, mais nullement limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- 10 - la figure 1, déjà décrite, représente schématiquement une source d'ions RCE selon l'art antérieur ;
- la figure 2 représente schématiquement une source d'ions selon l'invention ; et
- la figure 3 représente un agrandissement de la
15 seconde canalisation aux environs du point de résonance C.

Les références citées et décrites lors de la description de la figure 1, seront conservées pour la description des figures 2 et 3 lorsque
20 l'élément qu'elles référencent est identique dans l'invention et dans l'art antérieur.

La figure 2 représente une source d'ions selon l'invention. Elle représente, en effet, la source d'ions de l'art antérieur, telle que décrite
25 précédemment, à laquelle est ajoutée une seconde source d'alimentation électrique 50 et sur laquelle on a modifié la seconde canalisation conformément à l'invention. Cette canalisation porte, dans la figure 2, la référence 52.

30 La seconde source d'alimentation 50 est identique et de même polarité que la première source d'alimentation 33. Elle permet la délivrance d'une tension variable comprise entre sensiblement 10 et 20 Kv.

La source d'alimentation 50 est connectée, par son pôle positif, à la seconde canalisation 52 et, par son pôle négatif, à la terre ainsi qu'au pôle négatif de la source d'alimentation 33.

5 L'existence de la seconde source d'alimentation 50 permet de porter l'enceinte 1 et la canalisation 52 à des potentiels indépendants l'un de l'autre, et à des polarités identiques. Ainsi, lorsque l'enceinte 1 va se charger négativement au
10 contact des électrons échappés de la surface équimagnétique 13, la canalisation 52 conservera sa polarité positive, de même que le plasma de préionisation qu'elle contient.

Aussi, ledit plasma de préionisation, qui
15 a une polarité à peu près similaire à la polarité du plasma confiné dans la surface équimagnétique 13, reste isolé par rapport au plasma confiné.

De cette façon, le champ électrique E entre le plasma confiné et l'enceinte 1, et notamment le
20 champ E devant l'orifice d'extraction 17, est optimum.

Sur cette figure 2, on voit également la canalisation 52 conforme à l'invention. Cette canalisation 52 comporte un tube de quartz 53 disposé à l'intérieur de la première canalisation 21 et qui
25 traverse toute la cavité 20 jusqu'à l'embouchure de la canalisation 30 du gaz.

Ce tube de quartz 53 peut être, de façon plus générale, un tube constitué dans un matériau transparent diélectrique. Le quartz a cependant
30 l'avantage de ne pas permettre le dégazage.

La canalisation 52 comprend également un tube en cuivre 54 très mince enfilé sur le tube de quartz 53, c'est-à-dire entourant ledit tube de quartz

de façon à épouser la surface extérieure du tube de quartz 53. Ce tube en cuivre 54 est conducteur et permet de transmettre les ondes électromagnétiques introduites dans la canalisation 21.

5 Pour une meilleure transmission desdites ondes, le tube en cuivre 54 est soudé sur la paroi 28 de la cavité 20.

10 De plus, pour permettre la préionisation du gaz injecté, le tube en cuivre 54 ne recouvre pas totalement le tube de quartz 53. En effet, une partie 53a du tube de quartz 53 doit rester transparente aux ondes électromagnétiques.

15 Selon un autre mode de réalisation de la canalisation 52, le tube en cuivre 54 peut être remplacé par la métallisation du tube de quartz 53, c'est-à-dire par un dépôt argenté sur ledit tube de quartz.

20 La canalisation 52 comprend de plus un tube en métal réfractaire 55 enfilé à l'intérieur du tube de quartz 53, c'est-à-dire posé contre la paroi interne dudit tube de quartz.

25 De façon avantageuse, et selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le tube en métal réfractaire 55 peut être réalisé par une feuille de tantale mince enroulée à l'intérieur du tube de quartz 53 de façon à en épouser sa surface interne de manière quasi-parfaite.

30 Ce tube en métal réfractaire 55 peut également être réalisé, suivant le même principe, par une feuille de tungstène.

Ce tube en métal réfractaire 55 recouvre la surface interne du tube de quartz 53 sur toute sa longueur, excepté dans sa partie 53a laissée transparente aux ondes électromagnétiques.

A l'extrémité fermée de la canalisation 52, c'est-à-dire à son extrémité proche de la canalisation de gaz 30, un passage étanche au vide est créé dans ladite canalisation 52, par lequel
5 un fil électrique assure une liaison entre la source d'alimentation 50 et le tube en métal réfractaire 55.

Sur la figure 3, on a représenté la position des tubes 53, 54 et 55 en fonction du point de
10 résonance C.

En effet, dans une source d'ions à injection coaxiale de l'onde électromagnétique, telle que la source d'ions décrite précédemment, les champs électriques (non représentés sur les figures) des
15 ondes électromagnétiques sont optimum aux points A, B et C représentés sur la figure 2. Plus précisément, la résonance RCE est optimisée au point C, lorsque le champ électrique atteint sa valeur maximale, qu'il est perpendiculaire au champ
20 d'induction résonante et qu'il est sur un cylindre de faible rayon, c'est-à-dire sur la seconde canalisation 52 de faible rayon.

De plus, lorsque cette résonance RCE optimisée existe, le plasma de préionisation créé
25 dans la canalisation 52 est tellement dense qu'il devient pratiquement conducteur, s'épanouissant jusqu'à la surface équimagnétique 13, atteignant ainsi le point B. Cette surface équimagnétique 13 contient le plasma confiné qui est apte à absorber et à
30 réfléchir les ondes électromagnétiques, rendant ainsi ladite surface 13 semi-conductrice, du point B jusqu'au point A.

Ainsi, d'un point de vue électromagnétique, la source d'ions RCE se comporte comme une ligne coaxiale jusqu'au point A de l'axe magnétique 15. Cette ligne ouverte est alors le siège d'ondes stationnaires entre le point A et le piston 45.

On comprend alors que la position de la canalisation 52 par rapport au point C doit être définie avec précision. Cette position est représentée sur la figure 3 par la distance critique L entre la partie non transparente de la canalisation 52 et le point de résonance C.

Le plasma préionisé, créé en C, diffuse non seulement jusqu'au point B mais également jusqu'au tube en métal 55 qui est conducteur. Le tube en métal 55 peut donc être interrompu à une distance L du point C, cette distance critique L étant déterminée à partir de l'égalité $L = C/F$, dans laquelle C est la célérité de la lumière et F la fréquence de l'onde électromagnétique.

Selon un exemple de réalisation, et pour une fréquence F de 10120 MHz, la distance L entre le point C et le tube 55 est de 2,96 cm.

D'un point de vue électromagnétique, la transmission de l'onde électromagnétique s'effectue comme si le plasma de préionisation prolongeait aussi le tube en cuivre 54. Le système d'ondes stationnaires entre le point A et le piston 45 (figure 2) n'est donc pas perturbé. Aussi, l'onde électromagnétique issue du générateur 3 est transmise au plasma jusqu'au point A d'où elle est réfléchie jusqu'au piston 45 qui la renvoie dans le plasma, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'onde soit totalement absorbée par le plasma dans le procédé de résonance cyclotronique électronique.

Ainsi, la polarisation positive de la canalisation 52 par une source d'alimentation 50 permet d'isoler le plasma préionisé dans ladite canalisation et le plasma confiné dans la surface équimagnétique 13 de façon à obtenir l'établissement optimum du champ électrique E d'extraction des ions sans perturber la transmission des ondes électromagnétiques nécessaires au phénomène de RCE.

Ce dispositif, tel que décrit, permet d'accroître les performances d'une source d'ions connue (telle que celle représentée sur la figure 1) d'un facteur 3 à 4.

REVENDICATIONS

1. Source d'ions à résonance cyclotronique électronique comprenant :

- une enceinte (1) contenant un plasma d'ions et d'électrons formés par résonance cyclotronique électronique ;
 - une structure magnétique (11) entourant l'enceinte et créant, à l'intérieur de celle-ci, deux champs magnétiques respectivement radial et axial assurant un confinement dans l'enceinte ;
 - un système d'extraction des ions de l'enceinte connecté à une source (33) d'alimentation électrique ;
 - une cavité (20) de transition reliée à un générateur (3) d'ondes électromagnétiques ;
 - une première canalisation (21), conductrice, reliant de façon étanche au vide l'enceinte et la cavité ; et
 - une seconde canalisation (52), au moins en partie conductrice, traversant axialement la première canalisation ainsi que la cavité et débouchant dans l'enceinte ;
- caractérisée en ce que la seconde canalisation, dans laquelle se produit une résonance en un point de résonance C, est connectée à une seconde source (50) d'alimentation électrique.

2. Source d'ions selon la revendication 1, caractérisée en ce que la première et la seconde source d'alimentation électrique sont identiques et de même polarité, de façon à porter l'enceinte et la seconde canalisation au même potentiel par rapport à la masse.

3. Source d'ions selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que la seconde canalisation comprend :

- 5 - un tube transparent (53) en un matériau diélectrique ;
- un tube conducteur (54) de faible épaisseur, recouvrant en partie le tube transparent ;
- un tube de métal réfractaire (55), de faible épaisseur, disposé contre une partie de la face
10 interne du tube transparent.

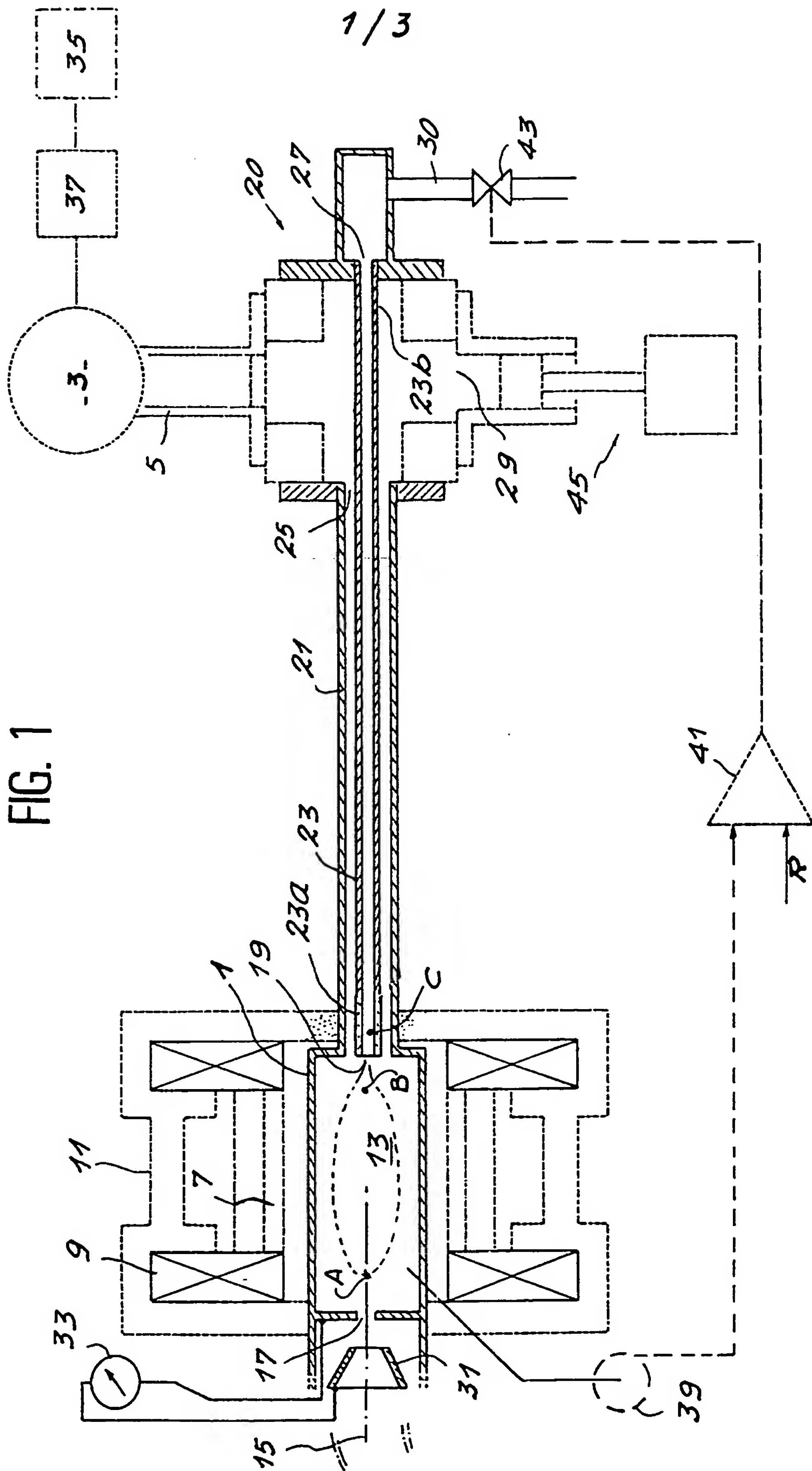
4. Source d'ions selon la revendication 3, caractérisée en ce que le tube conducteur recouvre le tube transparent depuis sa partie traversant la cavité jusqu'à une distance critique $L = C/F$ du point
15 de résonance C.

5. Source d'ions selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisée en ce que le tube en métal réfractaire recouvre la partie de la face interne du tube transparent depuis sa partie
20 traversant la cavité jusqu'à une distance critique $L = C/F$ du point de résonance C.

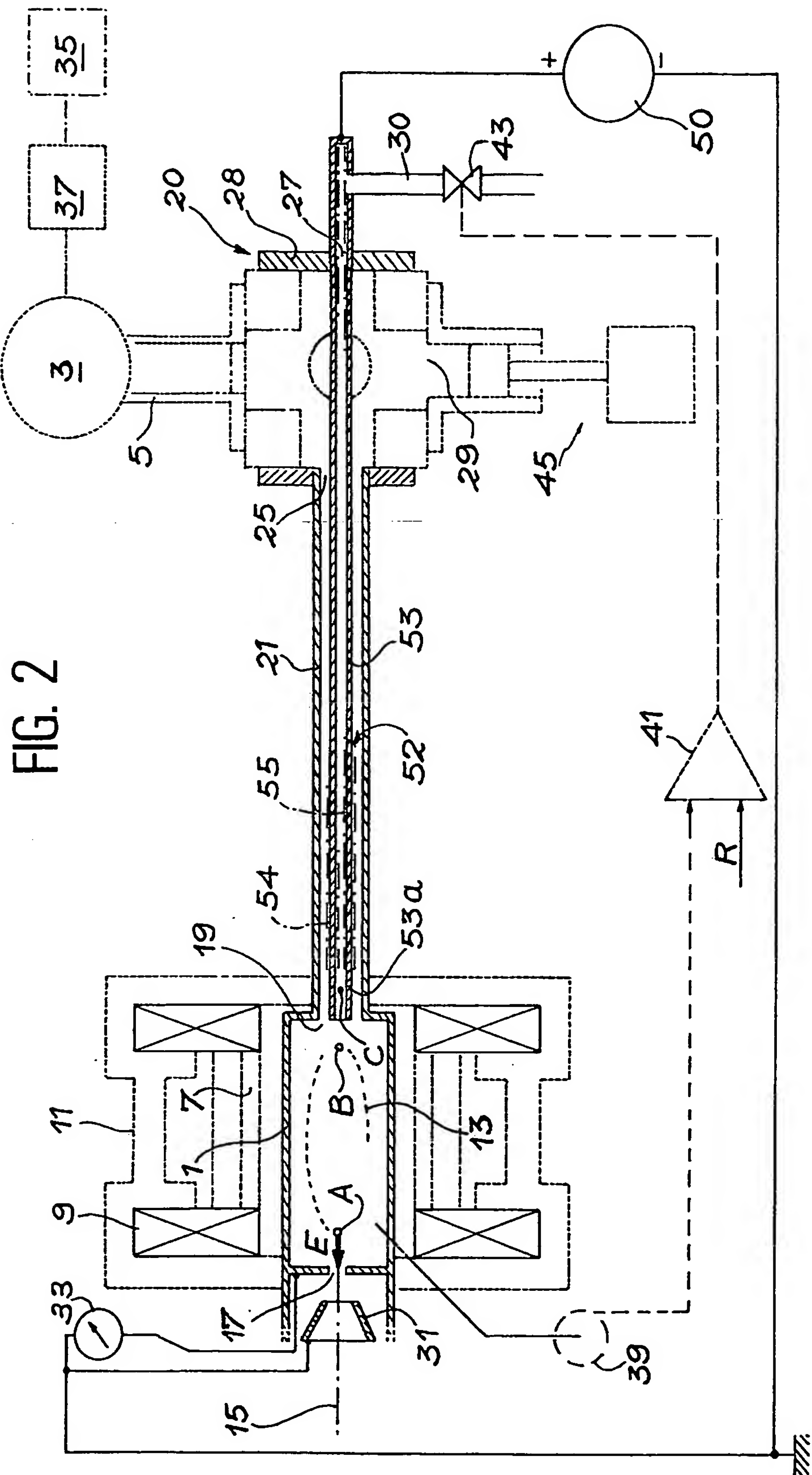
6. Source d'ions selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisée en ce que le tube transparent est un tube de quartz.

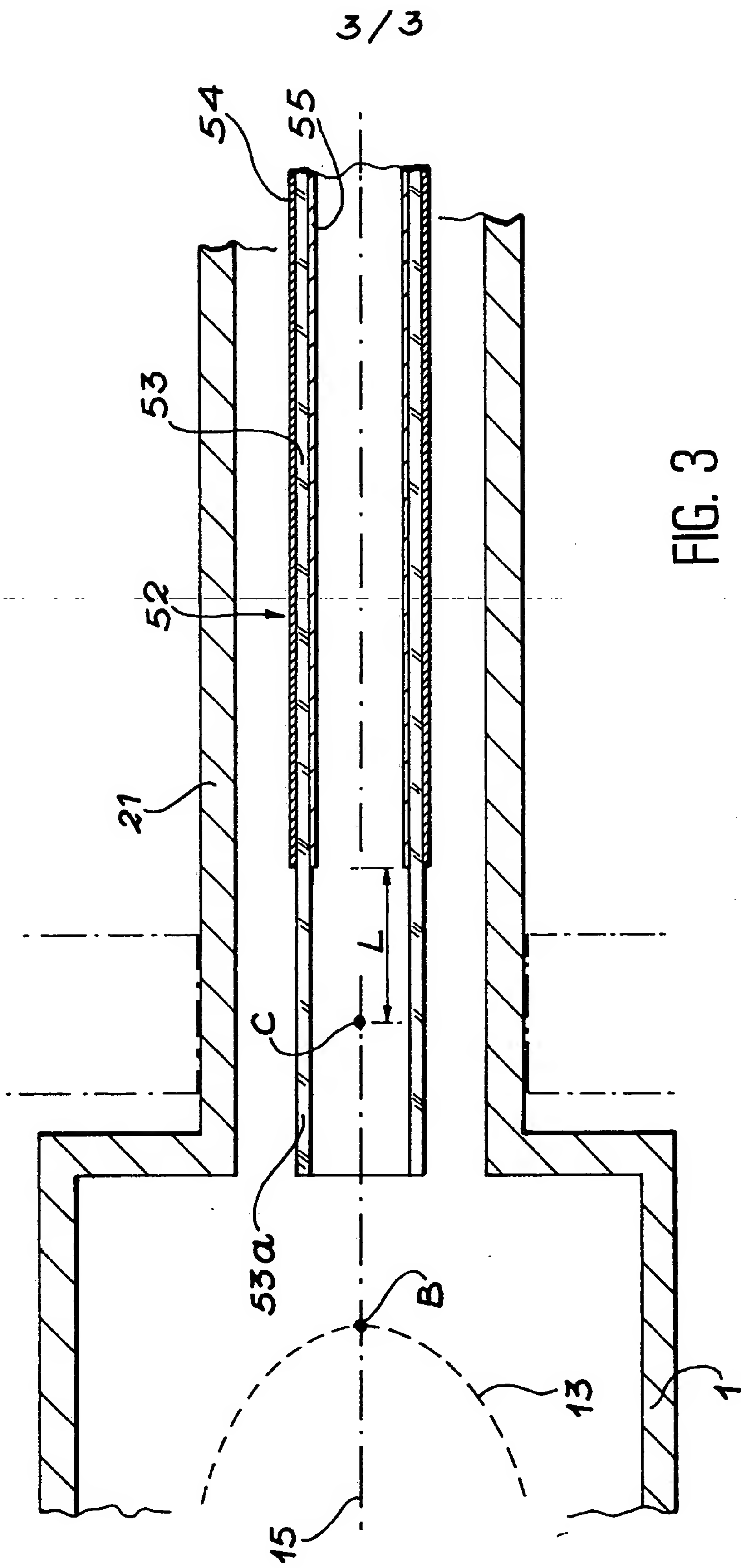
25 7. Source d'ions selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, caractérisée en ce que le tube conducteur est en cuivre.

8. Source d'ions selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, caractérisée en ce que
30 le tube en métal réfractaire est réalisé par une feuille de tantale.



2/3





INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FR 9111206
FA 463373

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A, D	EP-A-0 238 397 (COMMISSARIAT A L' ENERGIE ATOMIQUE) * colonne 8, ligne 56 - colonne 9, dernier alinéa ; figure 4 *	1, 3, 7, 8
A	NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH. vol. 196, no. 2/3, Mai 1982, AMSTERDAM NL pages 325 - 329; F BOURG , R GELLER: 'SOURCE D' IONS MULTICHARGES MINIMAFIOS : NOUVELLES CARACTERISTIQUES' * page 325, colonne de gauche; figure 1 *	1
A	NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH. vol. 219, no. 2, Janvier 1984, AMSTERDAM NL pages 263 - 268; V D DUGAR-ZHABON: 'AN ECR SOURCE OF MULTIPLY CHARGED IONS HELIOS-12A' * page 264, colonne de gauche, alinéa 2; figure 4 *	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		H01J H05H
Date d'achèvement de la recherche 25 MAI 1992		Examinateur HULNE S. L.
<div>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</div> <div>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</div> <div>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</div>		